

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física
Polo **ufisoc** Sorocaba



EXPLORANDO POTÊNCIA ELÉTRICA EM TEMPO REAL COM ARDUINO

Kaíque Thiago de Souza



EXPLORANDO POTÊNCIA ELÉTRICA EM TEMPO REAL COM ARDUINO



Kaíque Thiago de Souza
2024

Autor: Kaíque Thiago de Souza

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: Análise de Potência Elétrica em Tempo Real: Experimento Didático com Arduino e Lâmpadas Fluorescentes, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 42 – UFSCar / Sorocaba, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Euflauzino Maria.

Co-orientador: Prof. Dr. Antônio Augusto Soares.

Sorocaba, 2024.

Sumário

Apresentação	3
Introdução	5
Descrição detalhada	8
Sequência didática	13
Objetivos de Aprendizagem	13
Conteúdos estudados previamente	13
Aula 1	13
Aula 2	14
Aula 3	15
Roteiro do aluno	16
Materiais	16
Procedimento Experimental	16
Relatório do aluno	18
Roteiro do professor: construção, instalação e uso do experimento	20
Materiais	20
Montagem do dispositivo	20
Configuração do Excel 365 e coleta de dados	31
Calibração e funcionamento do dispositivo	40
Referências	43

Apresentação

É com entusiasmo que apresentamos este Produto Educacional, desenvolvido e pensado para enriquecer o processo de aprendizagem no Ensino Médio, para explorar conceitos de eletricidade por meio da experimentação prática e interativa, utilizando a tecnologia do Arduino como aliada.

Nossa proposta consiste em um circuito elétrico com três lâmpadas fluorescentes ligadas em paralelo, acompanhado por sensores de tensão e corrente elétrica conectados a um Arduino. O grande diferencial é a automação da coleta de dados e a geração de gráficos em tempo real, permitindo que os alunos visualizem as relações entre as grandezas elétricas de forma dinâmica e interativa conforme manipulam as lâmpadas.

O objetivo central deste Produto Educacional é oferecer aos professores uma ferramenta prática e envolvente para abordar os conceitos fundamentais de eletricidade. Além disso, buscamos:

- Explorar os conceitos de corrente elétrica, tensão elétrica e potência elétrica de maneira concreta e tangível;
- Destacar a interdependência entre essas grandezas elétricas, evidenciando as relações matemáticas subjacentes;
- Fomentar a curiosidade e o interesse dos alunos pelo Arduino e por tecnologias digitais, preparando-os para os desafios contemporâneos.

Este Produto Educacional foi elaborado com base na Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel, com o intuito de proporcionar uma experiência de aprendizado profunda e duradoura. Com essa abordagem, almejamos que o material possa ser utilizado por outros professores de maneira autônoma, sem a necessidade de consulta à dissertação que deu origem a este projeto. Nossa intenção é que o Produto Educacional seja uma ferramenta acessível e eficaz, capaz de ser incorporada de forma versátil nas práticas de ensino, enriquecendo a educação científica no Ensino Médio.

É importante destacar que este trabalho será disponibilizado gratuitamente à comunidade de professores, visando promover o compartilhamento de conhecimento e aprimorar a qualidade do ensino. Além disso, consideramos este experimento de baixo custo, uma vez que pode ser reutilizado inúmeras vezes e possibilita aproveitar o mesmo Arduino em outros projetos e protótipos. Essa abordagem requer apenas um investimento inicial de

montagem, proporcionando um recurso valioso para a educação científica com impacto sustentável. Convidamos todos os professores interessados a explorar este recurso educacional e a integrá-lo em suas metodologias de ensino, contribuindo para uma educação mais enriquecedora e acessível para todos os alunos.

Introdução

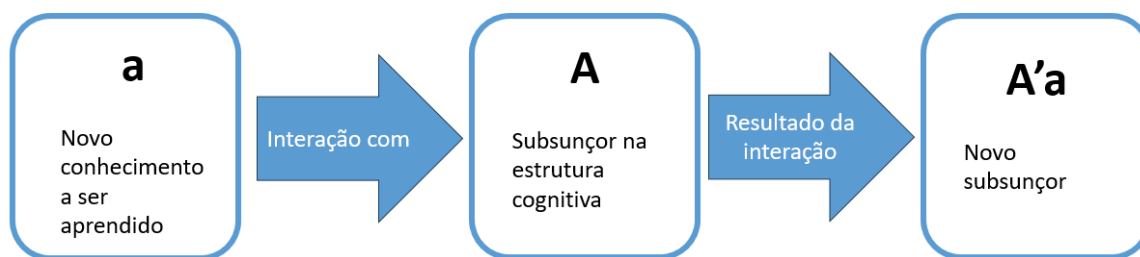
Este trabalho fundamenta sua metodologia na Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel (1918 - 2008), um psicólogo e educador cuja abordagem enfoca a cognição durante o processo de aprendizado. Ausubel destaca a relevância dos conhecimentos prévios dos estudantes e a necessidade de ancorar novas informações nesses conhecimentos existentes. Segundo essa teoria, a estrutura cognitiva de um indivíduo é composta por uma rede hierárquica de conceitos, onde os mais específicos estão interligados a princípios mais amplos. O aprendizado significativo ocorre quando novos conceitos são incorporados nessa estrutura cognitiva por meio de interações com conhecimentos prévios, chamados de subsunçores. Esses subsunçores, essenciais para assimilar novas ideias, podem ser exemplificados pela relação entre conceitos como carga elétrica e corrente elétrica. A aprendizagem significativa, que difere da aprendizagem mecânica, se concretiza quando há uma integração entre o novo conhecimento e os subsunçores existentes, resultando em uma compreensão profunda e alterando esse subsunçor para um futuro conhecimento. A visualização desse processo se assemelha a uma árvore de conhecimento, onde subsunçores modificados se entrelaçam hierarquicamente, formando uma base sólida para o aprendizado duradouro, alinhado à perspectiva de Ausubel.

SAIBA MAIS

Se o leitor quiser se aprofundar mais sobre a Aprendizagem Significativa, teoria de David Ausubel, recomendamos o capítulo 3 do texto “Uso de Simuladores Para Potencializar a Aprendizagem no Ensino de Física”, disponível no QR Code abaixo.



Figura 1: Diagrama do processo de assimilação de um novo conteúdo.



Fonte: Autor.

Desde tempos remotos, a busca incansável por conhecimento tem impulsionado a exploração da realidade, embora repleta de desafios que frequentemente resultam em percepções equivocadas devido à falta de informações ou à complexidade dos objetos de estudo. Nesse contexto, destaca-se Aristóteles, cujos esforços em desenvolver um método para mitigar esses equívocos exemplificam a tenacidade humana na busca pelo entendimento (MOREIRA, 2012). Ao longo do tempo, a experimentação, a observação e a influência do pensamento aristotélico têm desempenhado papéis fundamentais no avanço do conhecimento científico. Giordan (1999) destaca a importância desses elementos na compreensão dos fenômenos naturais, embora seu reconhecimento ainda não esteja universalmente incorporado nas abordagens educacionais, apesar de sua eficácia reconhecida. Batista et al. (2009) iluminam o valor da experimentação no ensino de Física, compartilhando atividades que envolvem os alunos na criação e apresentação de experimentos, conduzindo a um aprendizado mais significativo. A inovação no ensino de Física se concretiza com a adoção das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs). Vaniel et al. (2011) destacam a relevância das TDICs no ensino de Física, argumentando que a abordagem tradicional deve ser complementada por métodos que incentivem a autonomia e a reflexão crítica dos alunos.

Uma abordagem particularmente inovadora é a integração do Arduino, uma plataforma de prototipagem, no ensino de Física. Autores como Fetzner Filho (2015), Martinazzo et al. (2014) e Santos (2015) demonstram como o Arduino capacita os estudantes a coletar dados para experimentos que abordam conceitos outrora complexos, como movimento, calorimetria e eletricidade. Resumidamente, a busca ininterrupta pelo conhecimento tem incentivado a exploração da realidade. A experimentação, observação e o papel influente do pensamento aristotélico formam pilares indispensáveis na jornada do conhecimento científico. A integração do Arduino oferece possibilidades inovadoras,

transformando conceitos abstratos em experiências práticas e significativas, estimulando a busca por uma compreensão mais profunda do mundo que nos cerca. Esta proposta consiste em um experimento didático com Arduino para medir corrente e tensão elétrica em lâmpadas fluorescentes, enriquecendo o conhecimento teórico e prévio dos alunos sobre eletricidade. Além de fortalecer a compreensão conceitual da eletricidade, esse enfoque também equipa os alunos com habilidades práticas aplicáveis ao uso eficiente de energia, fomentando a consciência sobre a sustentabilidade. A incorporação de experimentos e tecnologias digitais, conforme apontado por Alves e Stachak (2005), surge como uma possível solução para o desinteresse dos alunos em estudar Física, estimulando o engajamento, melhorando o desempenho e resgatando a motivação. O Arduino, explorado por Moreira et al. (2018), desponta como uma ferramenta poderosa nesse cenário, acessível e de baixo custo, que facilita a compreensão de fenômenos físicos e promove uma compreensão mais profunda das tecnologias em constante evolução.

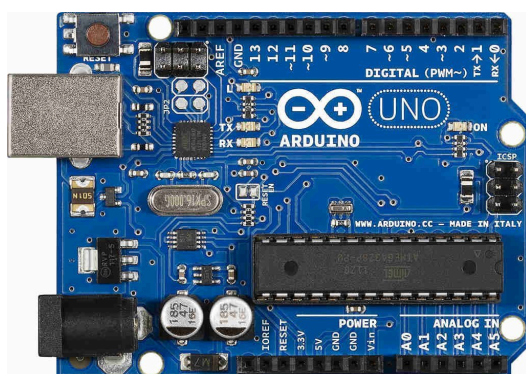
Comprometido com uma abordagem centrada na experimentação e na adoção do Arduino, esse projeto emerge como um caminho promissor para aprimorar o ensino de Física e preparar os alunos para os desafios da sociedade contemporânea, onde o domínio da ciência e da tecnologia é vital. O projeto busca unir esses elementos, oferecendo um material educacional acessível e reutilizável, contribuindo para a melhoria da educação científica no Brasil.

Descrição detalhada

O aparato experimental desenvolvido com o uso do Arduino é uma ferramenta para o estudo do conceito de potência elétrica, permitindo a medição em tempo real de corrente e tensão elétrica das lâmpadas fluorescentes alimentadas pela tensão da rede residencial. Através da conexão com um computador, os dados são transmitidos e representados em gráficos interativos, possibilitando uma análise dinâmica das variações ao longo do tempo.

Utilizamos o Arduino UNO R3, exibido na figura 2, na confecção deste aparato pela sua popularidade, facilidade de uso e custo acessível, mas existem outras opções viáveis para adaptar, como Raspberry Pi, ESP32 ou outros modelos de Arduino, por exemplo.

Figura 2: Arduino UNO R3.



Fonte:

https://pt.made-in-china.com/co_sunhokey/product_Arduino-Uno-R3-Development-Board-Microcontroller-for-DIY-Project_rogunohrg.html

Para realizar a medição da corrente elétrica, foi utilizado o sensor de corrente ACS712¹, evidenciado na figura 3. Existem opções de 5 A até 30 A, escolhemos este por ter

¹ ACS712 Datasheet - Allegro Microsystems. Disponível em: <https://www.allegromicro.com/-/media/files/datasheets/acs712-datasheet.ashx>

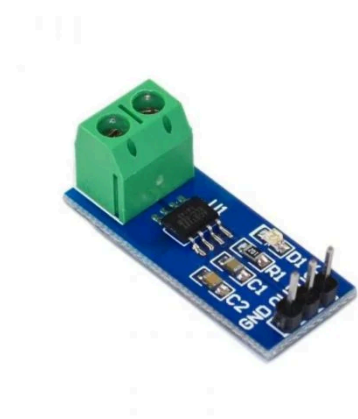
SAIBA MAIS

Se o leitor quiser se aprofundar mais sobre o universo dos microcontroladores e compará-los, recomendamos o trabalho de conclusão de curso intitulado “Comparação entre Microcontroladores e Aplicação do FPGA no controle do conversor Boost”, disponível no QR Code abaixo.



maior precisão para correntes menores que 1 A, já que todos eles retornam valores inteiros que variam de 0 a 1023.

Figura 3: Sensor de corrente elétrica ACS721.

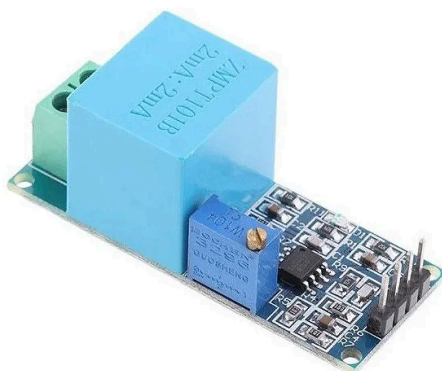


Fonte: <https://www.byteflop.com.br/sensor-de-corrente-ac712>

O sensor ACS712 opera com base no efeito Hall, que ocorre quando uma corrente flui através de um condutor posicionado em um campo magnético externo perpendicular ao fluxo de cargas. Neste dispositivo, o condutor utilizado é uma fita de cobre. Ao passar as cargas da corrente pelo campo magnético, elas são afetadas pela força magnética, resultando no acúmulo de elétrons em uma das bordas da fita e na presença de cargas positivas na outra borda. Esse desequilíbrio gera um campo elétrico no interior da fita e conseqüentemente uma força elétrica que contrapõe à força magnética, até que um equilíbrio entre as forças elétrica e magnética seja alcançado. Tal campo elétrico, gerado no interior da fita de cobre, produz um potencial elétrico, denominado diferença de potencial de Hall. Essa tensão é detectada por um elemento sensível ao efeito Hall, um semiconductor, e é processada por uma unidade de condicionamento para fornecer uma saída proporcional à corrente elétrica medida (Allegro MicroSystems LLC, 2021; Halliday & Resnick, 2013).

Para garantir a precisão da medição da tensão elétrica em nosso projeto, escolhemos o sensor ZMPT101B, exposto na figura 4, devido às suas características e funcionalidades. Esse sensor é amplamente utilizado em aplicações de monitoramento de tensão e é projetado para trabalhar com tensões de 0 a 250V em corrente alternada, o que torna ideal para o contexto de nossa pesquisa.

Figura 4: Sensor de tensão elétrica ZMPT101B.



Fonte:

<https://www.eletragate.com/modulo-sensor-de-tensao-ac-0-a-250v-voltmetro-zmpt101b>

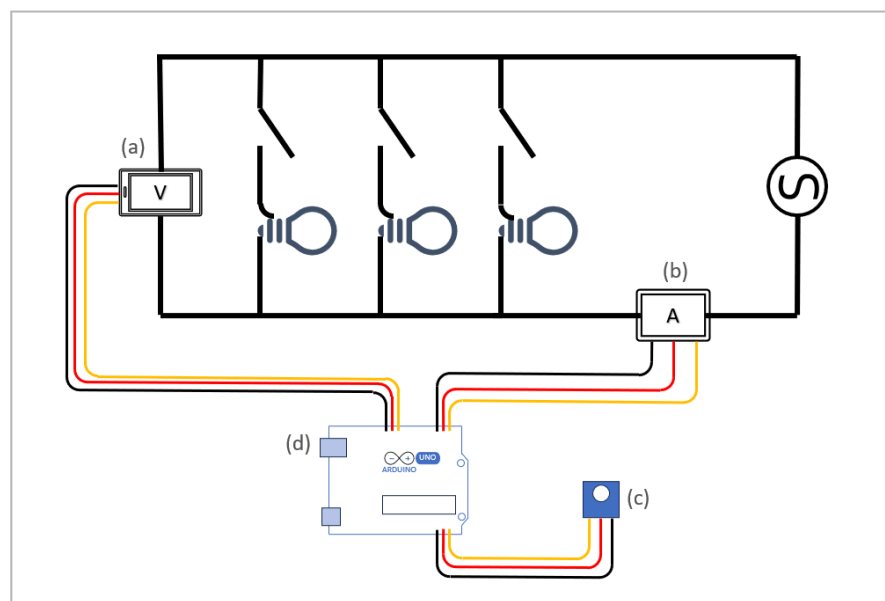
Este sensor funciona utilizando um transformador de potencial integrado a um circuito condicionador de sinal. Esse transformador possui bobinas primária e secundária, sendo que a tensão da rede elétrica é aplicada à bobina primária, gerando um campo magnético que induz uma tensão proporcional à razão do número de espiras entre as bobinas primária e secundária. Esse processo resulta em uma tensão de saída reduzida (Halliday & Resnick, 9ª ed., 2013). O sinal de saída passa pelo circuito condicionador de sinal que é responsável por processar e torná-la adequada para leitura por um microcontrolador, como o Arduino, por exemplo.

A leitura dos dados fornecidos pelo ACS712 e pelo ZMPT101B é realizada por meio de uma porta analógica do Arduino. Ambos os sensores retornam 1024 valores inteiros que, posteriormente, são convertidos em corrente e tensão elétrica, respectivamente, por meio do código.

Para a seleção das lâmpadas, buscamos a melhor relação custo-benefício, visando a maior potência possível e relevância para o cotidiano dos alunos. As lâmpadas de LED, devido à baixa potência e corrente elétrica, não apresentaram resultados satisfatórios nos testes realizados no aparato experimental. Os dados mostraram-se muito sensíveis às variações, prejudicando a geração de gráficos adequados. Por outro lado, as lâmpadas halógenas apresentaram bom desempenho, mas após poucos minutos de uso atingiam temperaturas elevadas, representando um risco de queimaduras para os alunos. Com base nessas avaliações, as lâmpadas fluorescentes se mostraram a melhor opção, pois atendem a todos os requisitos necessários para o estudo.

Um diagrama da montagem do aparato experimental é mostrado na figura 5. As lâmpadas são conectadas em paralelo, com um interruptor individual para cada uma delas. Os sensores de tensão e corrente elétrica são conectados aos terminais A0 e A2, respectivamente. Há também um potenciômetro, que é utilizado para calibração do sensor de corrente elétrica, conectado na entrada, também analógica, A5.

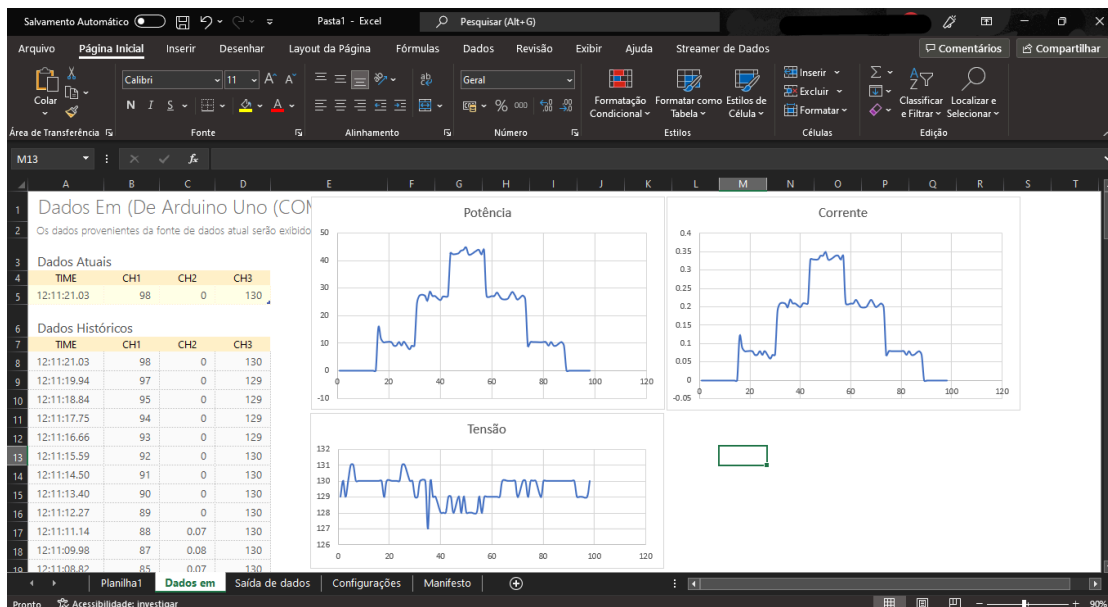
Figura 5: Diagrama da montagem do dispositivo. É representado o (a) sensor de tensão elétrica, (b) sensor de corrente elétrica e o (c) potenciômetro conectados ao (d) Arduino.



Fonte: Autor.

As lâmpadas são alimentadas pela rede elétrica residencial enquanto o Arduino é conectado, via USB, a um computador. Para visualização e estudos dos dados gerados pelo aparato, é utilizado o Excel do Office 365. Dessa forma, é possível analisar os dados em tempo real e construir gráficos interativos que mudam conforme liga ou desliga cada uma das lâmpadas. É importante ressaltar que o experimento fornece apenas dados de corrente e tensão elétrica; a potência é calculada pelos alunos, na própria planilha, multiplicando a corrente pela tensão. A figura 6 mostra a tela do computador durante uma coleta de dados.

Figura 6: Coleta os dados do dispositivo. É notável a variação de corrente e potência elétrica de acordo com o funcionamento das lâmpadas.



Fonte: Autor.

A leitura dos dados é feita utilizando o Excel do pacote Office 365 pela facilidade, simplicidade e segurança para se conseguir a transposição dos dados do arduino para o computador. Outras opções viáveis para trabalhar com gráficos interativos utilizando dados do Arduino incluem plataformas como MATLAB, Python e Processing, as quais possibilitam a visualização dinâmica dos dados, fornecendo flexibilidade e recursos avançados para a apresentação dos resultados obtidos.

A construção e montagem de todo o experimento, a configuração do Excel para leitura dos dados, a calibração e o funcionamento com mais detalhes são apresentados no roteiro do professor.

Sequência Didática

OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

- Trabalhar conceitos de eletricidade - corrente elétrica, tensão elétrica e potência elétrica;
- Evidenciar a relação entre as grandezas acima mencionadas;
- Criar um ambiente favorável para estimular a curiosidade dos alunos para o Arduino e novas tecnologias digitais.

CONTEÚDOS ESTUDADOS PREVIAMENTE

Para que a atividade tenha um bom desempenho e que o processo de aprendizagem significativa possa ser maximizado, os alunos já devem ter estudado os conteúdos a seguir em aulas anteriores à atividade:

- Carga e corrente elétrica;
- Primeira lei de Ohm;
- Associação série e paralelo de circuitos elétricos;
- Amperímetro e voltímetro e a diferença entre instrumentos reais e ideais;
- Potência e energia elétrica.

AULA 1 (50 MINUTOS)

1. O Relatório e o Roteiro do Aluno são disponibilizados previamente aos alunos pelo professor - **5 minutos**;
2. O docente orienta os estudantes a como habilitar o uso do *Streamer de Dados* do Excel 365 e

Preferência do professor: se desejar, o professor pode deixar a montagem do aparato experimental para que os alunos façam, como parte da aula. Caso contrário, deixar o aparato montado antes dos alunos terem acesso ao experimento.

como fazer a aquisição dos dados, se possível, utilizando uma apresentação em projetor - **15 minutos**;

3. O professor apresenta o experimento aos alunos - **30 minutos**;

Os detalhes do aparato experimental podem ser analisados e estudados pelos alunos com o amparo do professor, como por exemplo:

- a. O que o experimento mede;
- b. Como mede;
- c. Tipos de associações entre os sensores e as lâmpadas;
- d. O que é Arduino?
- e. Como Arduino funciona?
- f. Funcionamento dos sensores utilizados;

AULA 2 (50 MINUTOS)

1. Os alunos se apropriam do aparato experimental - **35 minutos**;

- a. Para isso, é imprescindível que eles façam os primeiros testes, analisando os comportamentos das curvas de tensão e corrente elétrica ao acender e apagar as lâmpadas;
- b. O professor orienta os estudantes se tiverem dúvidas;
- c. Coletivamente os alunos, dirigidos e ajudados pelo professor, interpretam os dados e gráficos gerados;
- d. O professor pode levantar algumas questões para os alunos, como por exemplo:
 - i. Qual o sentido físico da corrente e potência elétrica?
 - ii. Semelhança entre as curvas de corrente e potência elétrica;
 - iii. O que representa o cálculo da área abaixo da curva *Potência vs Tempo*;

Esta sequência didática pode ser alterada de acordo com a necessidade do leitor.

Os gráficos produzidos pelos alunos podem ser enviados por e-mail, formulário ou uma alternativa de preferência. Em todos os casos, isso deve ser combinado previamente com os estudantes;

- e. Se necessário, os alunos podem recorrer a outros materiais, como livros, sites, etc.;
2. O docente realiza a leitura do Roteiro do Aluno e do Relatório para os grupos e tira as eventuais dúvidas que ocorrerem - **15 minutos**;
É importante que os alunos sejam orientados a salvar os gráficos obtidos;

A avaliação dos alunos pode ser feita através do questionário e gráficos fornecidos por eles e também pela participação durante as discussões e aquisição de dados.

AULA 3 (50 MINUTOS)

1. Momento da aquisição dos dados - **50 minutos**;
 - a. Os alunos começam a aquisição de dados e respondem ao questionário;
 - b. Se necessário, o professor auxilia os estudantes no manuseio do aparato experimental, criação dos gráficos, cálculo da potência, etc.;

Se necessário, utilizar 2 aulas de 50 minutos para a aquisição dos dados;

Roteiro do Aluno

MATERIAIS

- Montagem experimental;
- 3 lâmpadas fluorescentes de 16 W, 22 W e 28 W;
- Computador com Microsoft Office 365 - Excel;

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

- 1) Siga o passo a passo do professor para montar o aparato experimental e configurar o Excel 365 para leitura de dados em tempo real e conectar o Arduino, caso esses procedimentos não estejam feitos no início da aula;
- 2) Antes de iniciar a coleta de dados, aproprie-se do aparato experimental e entenda seu funcionamento;
- 3) Inicie a coleta de dados;
- 4) Ligue a lâmpada 1 e acompanhe o carregamento dos dados em tempo real na tela do computador;
- 5) Construa o gráfico de *Tensão por Tempo* e *Corrente por Tempo*;
- 6) Em outra aba, faça uma tabela da Potência consumida pelo circuito quando a lâmpada 1 está ligada;
- 7) Construa o gráfico de *Potência por Tempo* da lâmpada 1;
- 8) Repita os passos 3 a 7 para as lâmpadas 2 e 3;
- 9) Inicie outra coleta de dados e construa os gráficos de *Tensão por Tempo*, *Corrente por Tempo* e *Potência por Tempo* seguindo os passos:
 - a) inicie com todas as lâmpadas apagadas;

Este roteiro do aluno pode ser alterado de acordo com a necessidade do leitor.

Aguarde aproximadamente 6 segundos entre um passo e outro.

- b) acenda a lâmpada 1;
- c) acenda a lâmpada 2;
- d) acenda a lâmpada 3;
- e) apague a lâmpada 3;
- f) apague a lâmpada 2;
- g) apague a lâmpada 1;
- h) interrompa a coleta de dados.

Relatório do Aluno

1. Qual a tensão elétrica medida? Anexe os gráficos no formulário: *[inserir link do formulário]*

2. Qual a corrente elétrica medida nas lâmpadas?
Anexe os gráficos no formulário: *[inserir link do formulário]*

Pode ser adotada outra forma de coleta dos gráficos, como e-mail ou drive compartilhado.

Este relatório pode ser alterado de acordo com a necessidade do leitor.

3. Qual a potência elétrica das lâmpadas? Anexe os gráficos no formulário: *[inserir link do formulário]*

4. Compare e explique os gráficos de corrente e potência obtidos no passo 8.

5. Calcule a energia gasta:

- a. da lâmpada 1;

[Redacted]

b. da lâmpada 2;

[Redacted]

c. da lâmpada 3;

[Redacted]

d. na associação de lâmpadas.

[Redacted]

Roteiro do professor: construção, instalação e uso do experimento

Neste roteiro, detalhamos o passo a passo da construção do experimento. Em seguida, descrevemos como conectar o dispositivo ao computador e realizar as configurações adequadas para o uso correto do equipamento.

MATERIAIS

- Arduino UNO R3;
- Conjunto de jumpers;
- Sensor de Corrente Elétrica ACS712;
- Sensor de Tensão Elétrica ZMPT101B;
- Potenciômetro linear de qualquer resistência;
- Protoboard;
- 3 lâmpadas fluorescentes;
- 3 interruptores;
- 3 receptáculos de lâmpada conexão E27;
- Cabo paralelo 2 m x 1,5 mm² com tomada macho.
- Microsoft Office 365 - Excel.

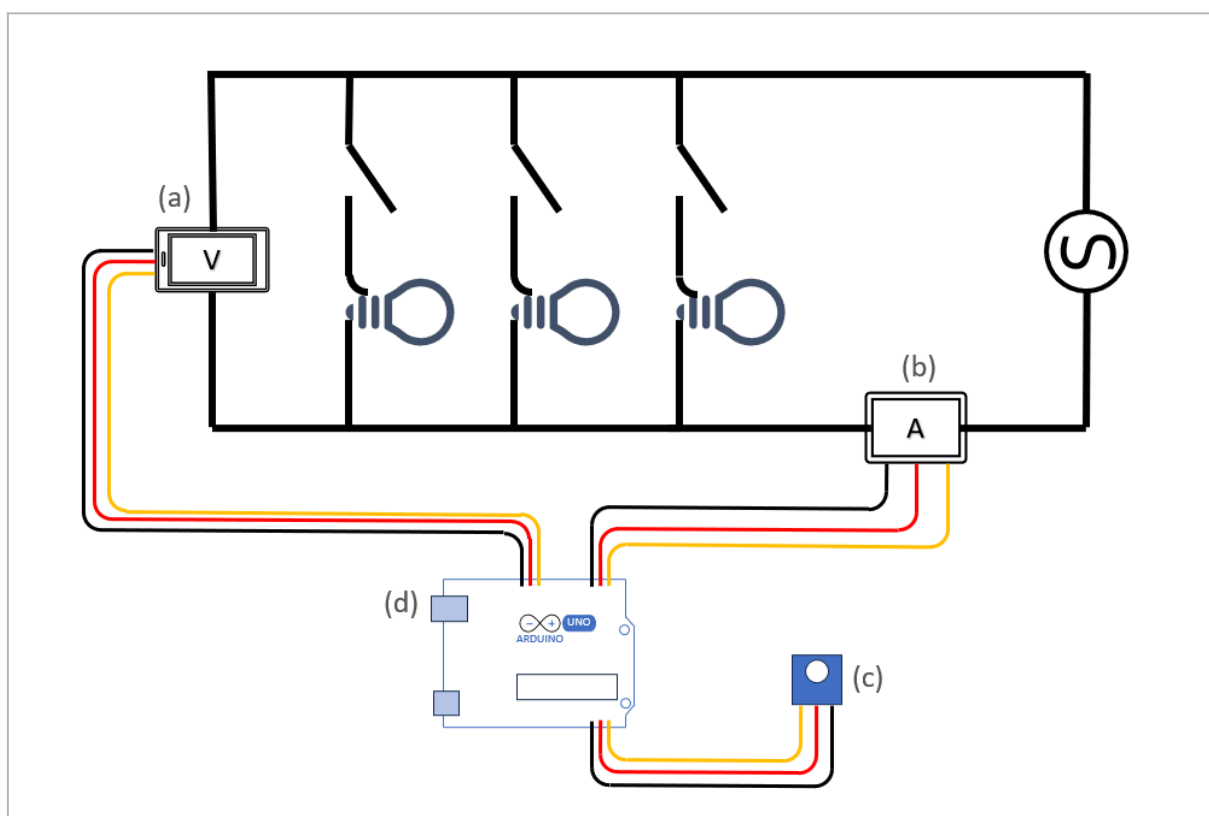
Se a escola possuir a estrutura necessária, como um Espaço Maker, por exemplo, a construção pode ser realizada pelos próprios alunos. Caso contrário, sugerimos que o professor assumam essa responsabilidade.

MONTAGEM DO DISPOSITIVO

A montagem seguirá o diagrama ilustrado na figura 7, composta por três lâmpadas interligadas em paralelo, cada uma com seu próprio interruptor. A montagem conta com um

sensor em paralelo para medir a tensão da rede elétrica (a) e outro sensor em série para mensurar a corrente elétrica (b) total do circuito. Para calibrar o sensor de corrente elétrica, foi acrescentado um potenciômetro ©. Esses sensores estão interligados ao Arduino (d) que realiza a leitura dos dados e os exibe na tela do computador.

Figura 7: Diagrama da montagem do dispositivo. São representados o (a) sensor de tensão elétrica, (b) sensor de corrente elétrica e o (c) potenciômetro conectados ao (d) Arduino.

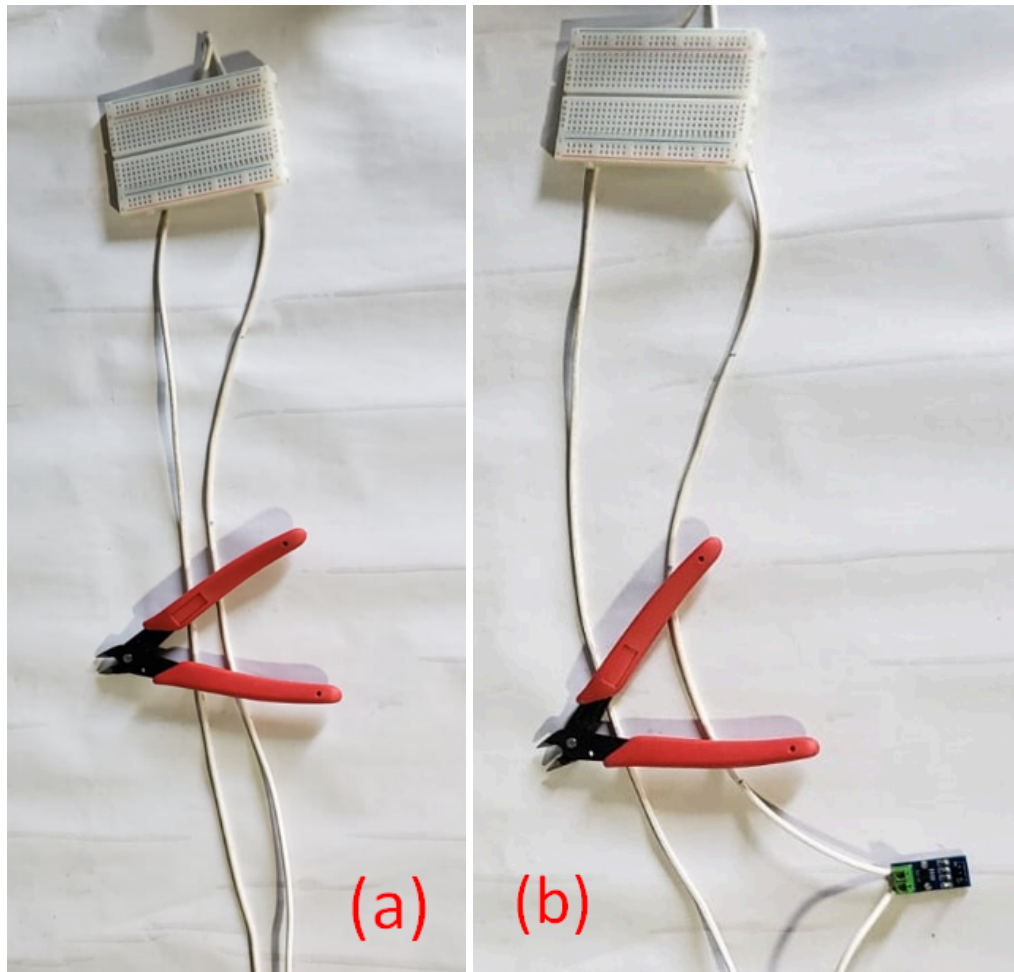


Fonte: Autor.

Primeiramente, monta-se a parte “invasiva” do circuito, ou seja, os sensores e módulos que são conectados diretamente nos fios da lâmpada.

A montagem deve ser iniciada com a inserção do sensor de corrente elétrica ACS712. Para isso, devemos separar os dois fios do cabo paralelo em aproximadamente 80 cm, como mostra a figura 8(a). O próximo passo é cortar um desses fios e conectar nos terminais do sensor de corrente elétrica, representado na figura 8(b), deixando-o em série com o circuito.

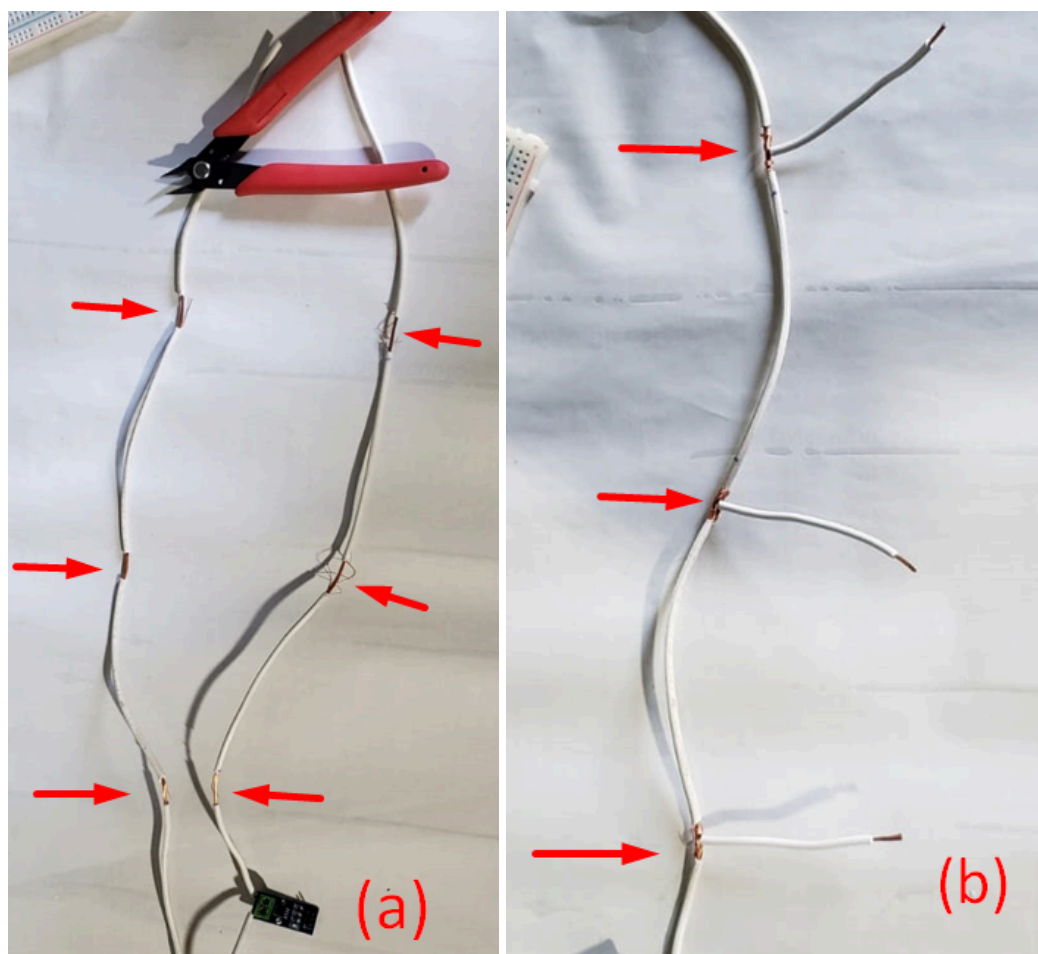
Figura 8: Separação do cabo paralelo (a) e conexão em série o sensor de corrente elétrica (b).



Fonte: Autor.

O próximo passo é preparar o fio para conectar os interruptores e os receptáculos das lâmpadas. Basta descascar três pequenos segmentos de cada fio para realizar uma conexão em T, como ilustra a figura 9(a). Com pequenos fios de aproximadamente 5 cm de comprimento, deve-se fazer a conexão em T com as partes descascadas nos dois fios, como representado na figura 9(b).

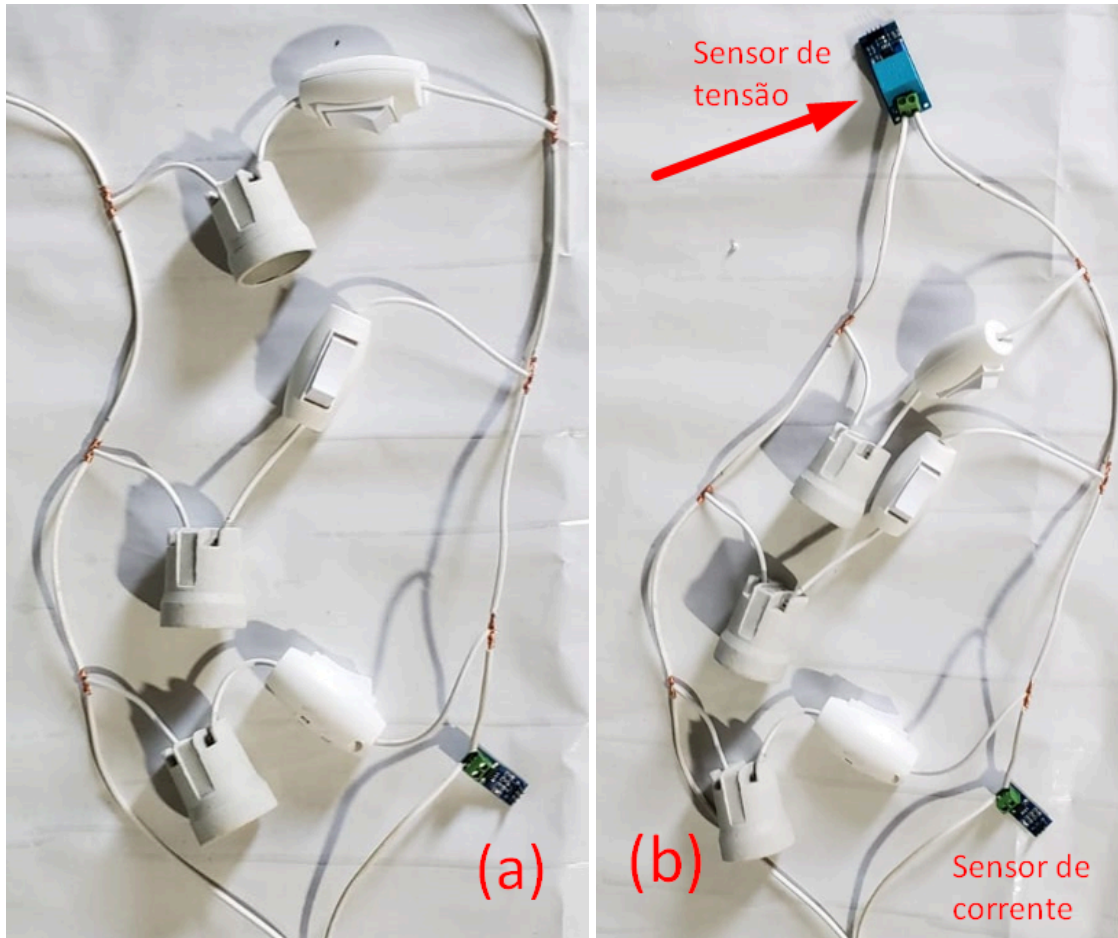
Figura 9: Preparação do fio para conexão dos interruptores e soquetes (a) e a representação da conexão que deve ser feita (b).



Fonte: Autor.

A seguir deve-se conectar um interruptor e um receptáculo de lâmpada em cada um desses três ramos, como mostra a figura 10(a). Quase finalizando esta etapa da montagem do dispositivo, o sensor de tensão elétrica ZMPT101B deve ser conectado em paralelo com os receptáculos, como indica a figura 10(b).

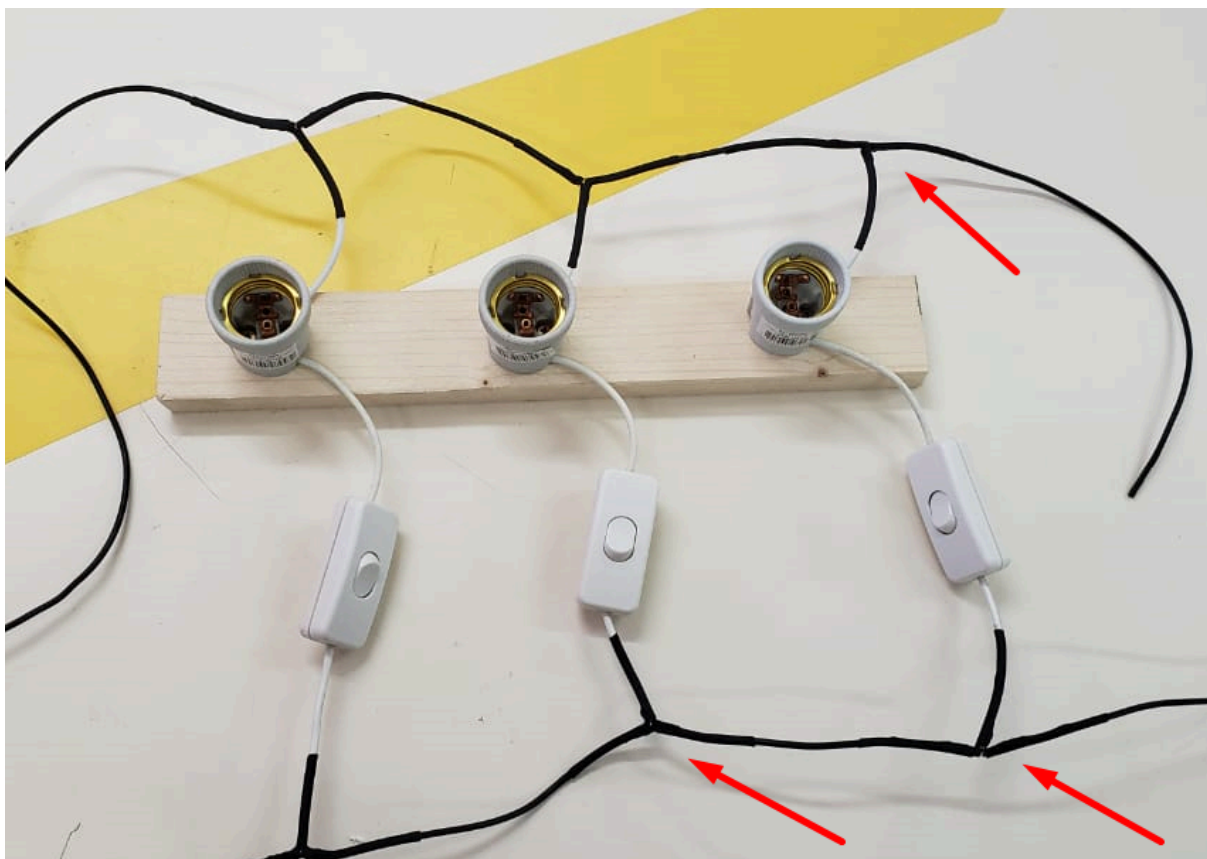
Figura 10: Conexão dos interruptores e receptáculos de lâmpadas (a) em paralelo com o sensor de tensão elétrica (b).



Fonte: Autor.

Agora basta isolar perfeitamente todas as conexões que oferecem risco de choque elétrico utilizando tubo termocontrátil ou fita adesiva isolante, conforme a figura 11. Para facilitar o manuseio do aparato experimental, é indicado parafusar os receptáculos em uma ripa de madeira de aproximadamente 40 cm de comprimento, e a primeira etapa estará completa.

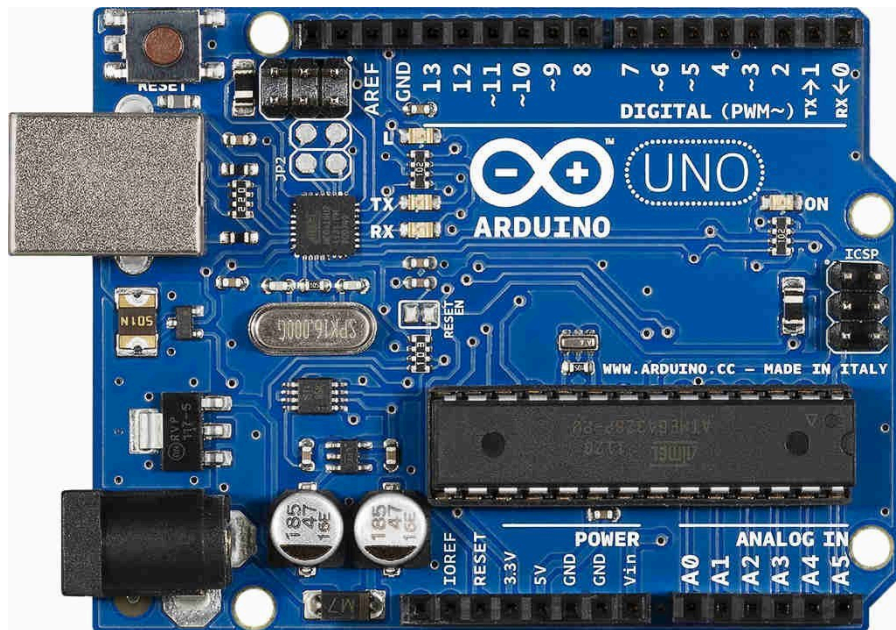
Figura 11: Imagem das conexões devidamente isoladas e com os receptáculos parafusados em uma ripa.



Fonte: Autor.

Iniciando a segunda etapa, agora esses sensores precisam ser ligados ao Arduino UNO (figura 12) juntamente com o potenciômetro. Os sensores de corrente e tensão elétrica são ligados em pinos analógicos (A1 e A0, respectivamente), enquanto o potenciômetro no pino analógico A5. E todos esses componentes devem ser alimentados pelo próprio Arduino, ligados nos pinos de 5 V e GND.

Figura 12: Arduino UNO.



Fonte:

https://pt.made-in-china.com/co_sunhokey/product_Arduino-Uno-R3-Development-Board-Microcontroller-for-DIY-Project_rogunohrg.html

Os pinos digitais estão localizados acima na parte superior da figura 12, de 0 à 13 e os pinos analógicos estão na parte inferior dessa mesma figura, indicados por *ANALOG IN*, de A0 a A5. *POWER* indica onde estão, dentre outros, os pinos de alimentação 5 V e GND.

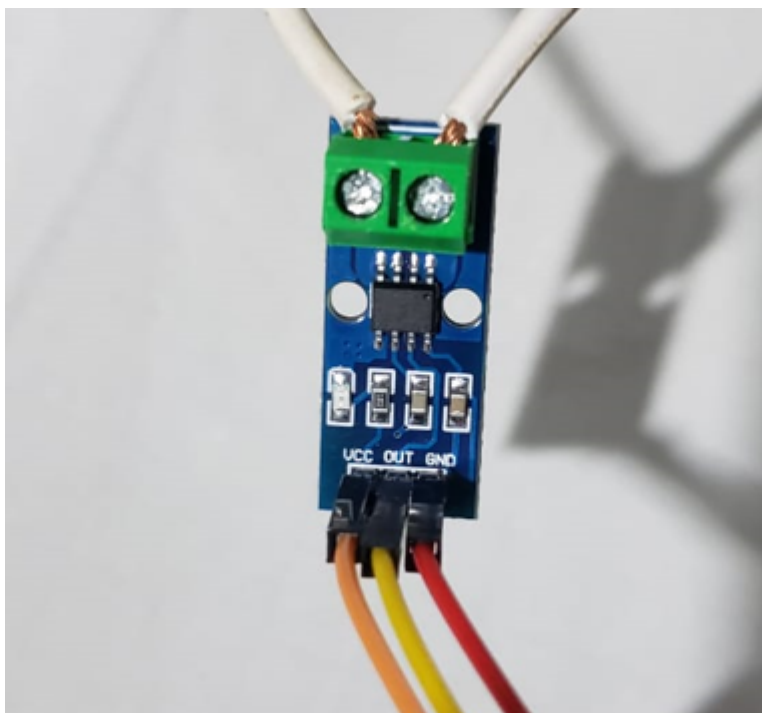
O sensor de corrente elétrica deve ter o terminal VCC e GND conectados ao positivo e negativo, respectivamente, e o terminal OUT conectado no pino analógico A1, conforme a figura 13.

SAIBA MAIS

Se o leitor quiser entender um pouco melhor o funcionamento das portas digitais e analógicas do arduino, recomendamos o vídeo “Como usar Portas Digitais e Analógicas no ARDUINO” disponível na plataforma de vídeos YouTube no canal JuliaLabs. O QR Code abaixo redireciona diretamente ao vídeo.



Figura 13: Conexões do sensor de corrente. O fio laranja deve ser conectado ao 5V, o amarelo ao pino analógico A2 e o vermelho ao GND do Arduino.

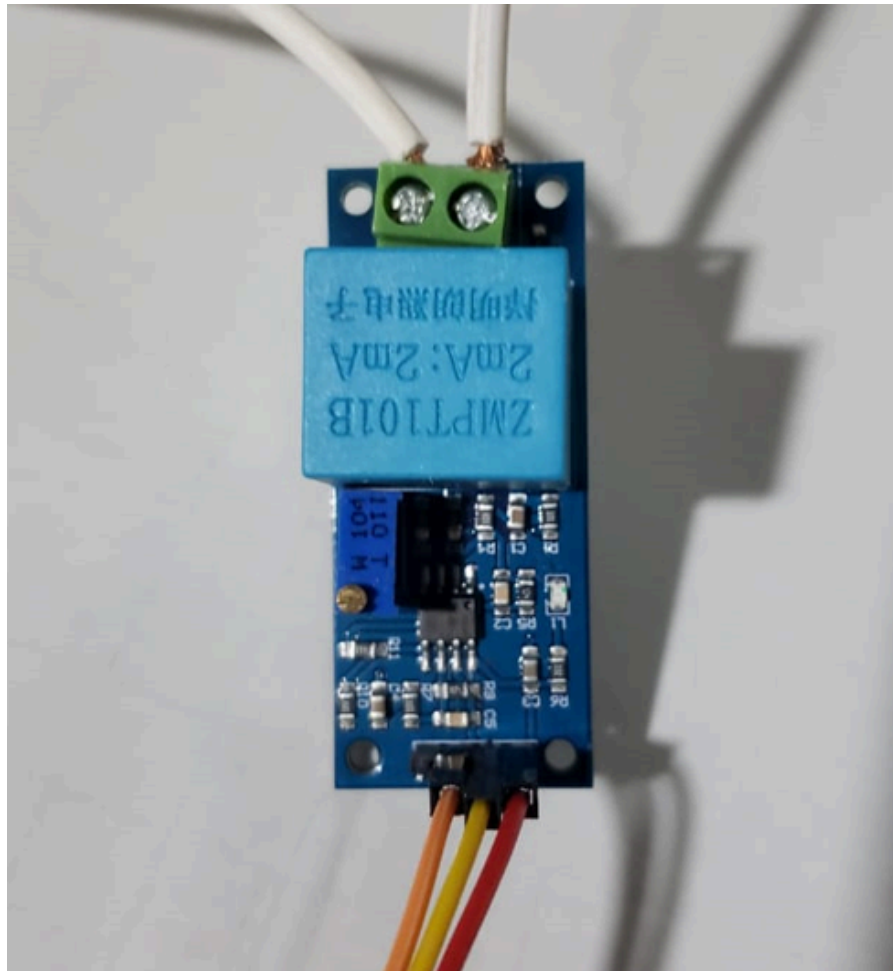


Fonte: Autor.

Para instalar o potenciômetro, é necessário conectar seus pinos laterais aos terminais positivo e negativo. Nesse contexto, não importa qual dos terminais seja positivo ou negativo. Quanto ao terminal central, ele deve ser conectado à entrada analógica A5 do Arduino.

Por último, o sensor de tensão elétrica deve ter os terminais GND e VCC ligados no negativo e positivo, respectivamente, e o terminal OUT no pino analógico A0 do Arduino, como mostra a figura 14.

Figura 14: Conexões do sensor de tensão. O primeiro pino, da esquerda para direita, permanece sem conexão. O fio laranja deve ser conectado ao GND do Arduino. O amarelo deve ser conectado ao pino analógico A0 e o vermelho ao 5V do Arduino.



Fonte: Autor.

Tanto os sensores quanto o potenciômetro podem ser conectados com auxílio de uma protoboard.

O próximo passo é programar o Arduino para que faça as leituras dos sinais analógicos das portas A0, A1 e A5. Para isso, é necessário que seja instalado o Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE) - disponível em: <https://www.arduino.cc/en/software>. Ao conectar o Arduino no computador, via USB, e ser reconhecido no IDE, deve-se copiar o código disponibilizado abaixo e colar na interface.

O código disponibilizado é acompanhado de comentários em cada linha para facilitar a compreensão. Nos comentários, estão indicados os valores de calibração que não devem ser modificados, uma vez que a calibração requer a utilização dos potenciômetros, sendo o de

tensão elétrica integrado ao sensor. Mais adiante, no tópico de Calibração e Funcionamento do Dispositivo, será detalhadamente explicado o procedimento correto para calibração. Para o funcionamento correto do código, é necessário incluir a biblioteca EmonLib.h - cujo download é disponibilizado pelo link: <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/emonlib/>. Para instalação, basta abrir o menu: *Sketch > Incluir Biblioteca (Include Library) > Adicionar Biblioteca .ZIP (Add .ZIP Library...)* e selecionar a pasta zipada.

```
#include "EmonLib.h" //Inclusão da biblioteca

#define CURRENT_CAL 18.40 //Manter esse valor de calibração
#define VOLT_CAL 211.6 //Manter esse valor de calibração

const int pinoTensao = A0; //Pino analógico para sensor de tensão
const int pinoSensor = A1; //Pino analógico para sensor de corrente
float ruído = 0.15; //Ruído que deve ser ajustado com carga
desligada

unsigned long time; //Variável para tempo

EnergyMonitor emon1; //Instância para corrente
EnergyMonitor emon2; //Instância para tensão

void setup() {

  Serial.begin(9600); //Inicia serial

  emon1.current(pinoSensor, CURRENT_CAL); //Manter esses valores
  emon2.voltage(pinoTensao, VOLT_CAL, 1.7); //Manter esses valores

  pinMode(A5, INPUT); //Pino analógico para potenciômetro

  time = millis(); //Recebe instante de tempo que arduino está
ligado em milissegundos
}

void loop() {

  float pot = analogRead(A5); //Lê valor do potenciômetro 0 a 1023

  float calib = pot / 1023; //Normaliza valor do potenciômetro 0 a
```

```

emon1.calcVI(17,100); //Manter esse valor
double currentDraw = emon1.Irms; //Recebe valor da corrente
currentDraw = currentDraw-ruído; //Retira o ruído da corrente

if(currentDraw < 0){ //Se a corrente for negativa:
    currentDraw = 0; //Assume valor de zero
}
Serial.print((millis()-time)/1000); //Imprime tempo (s)
Serial.print(",");
Serial.print(currentDraw*calib); //Imprime corrente calibrada
Serial.print(",");

emon2.calcVI(17,2000); //Manter esse valor

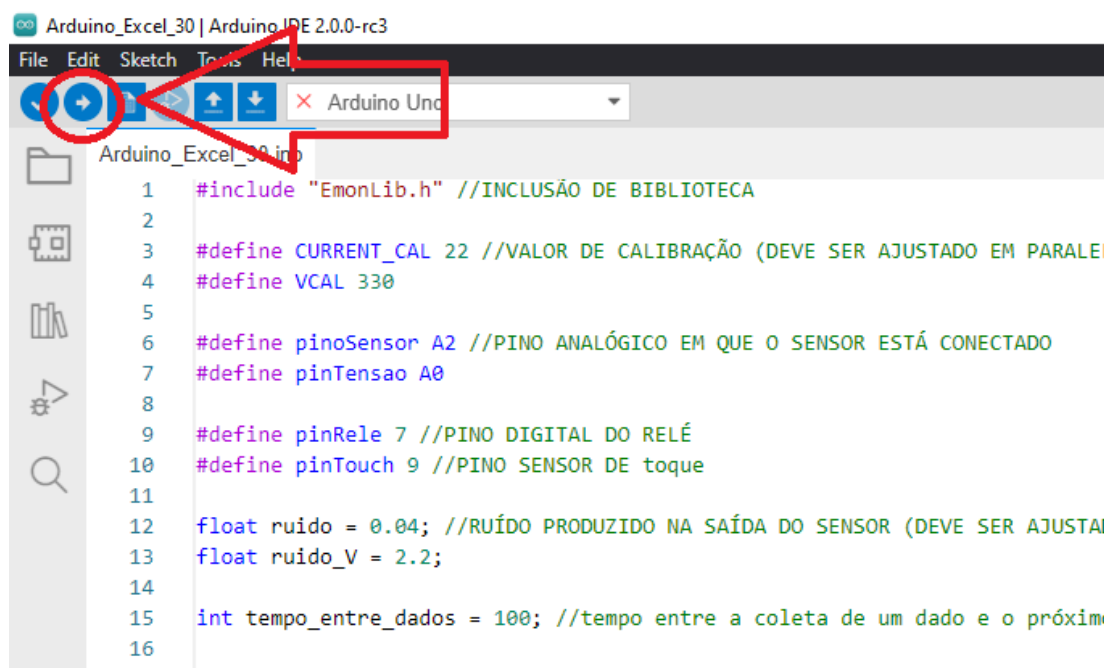
float supplyVoltage = emon2.Vrms; //Recebe valor de tensão

Serial.println(supplyVoltage, 0); //Imprime valor inteiro de
tensão
}

```

Para enviar o código ao Arduino, é preciso compilar e exportar clicando na seta localizada no canto superior esquerdo, como aponta na figura 15.

Figura 15: A seta indica onde deve clicar para compilar o código e exportar para o Arduino.



Fonte: Autor.

Feito isso, o dispositivo está praticamente pronto para ser calibrado e testado.

CONFIGURAÇÃO DO EXCEL 365 E COLETA DE DADOS

Este software foi escolhido pela facilidade, simplicidade e segurança para se conseguir a transposição dos dados do Arduino para o computador. Com a versão do Office 365 é possível fazer a conexão direta do Excel com o Arduino sem a necessidade de softwares terceiros. O próprio Excel oferece um suplemento (ou extensão) de Streamer de Dados, que permite leitura dos dados emitidos pelo Arduino em tempo real (Galbert, 2020). Além disso, outras opções viáveis para trabalhar com

OUTRAS OPÇÕES

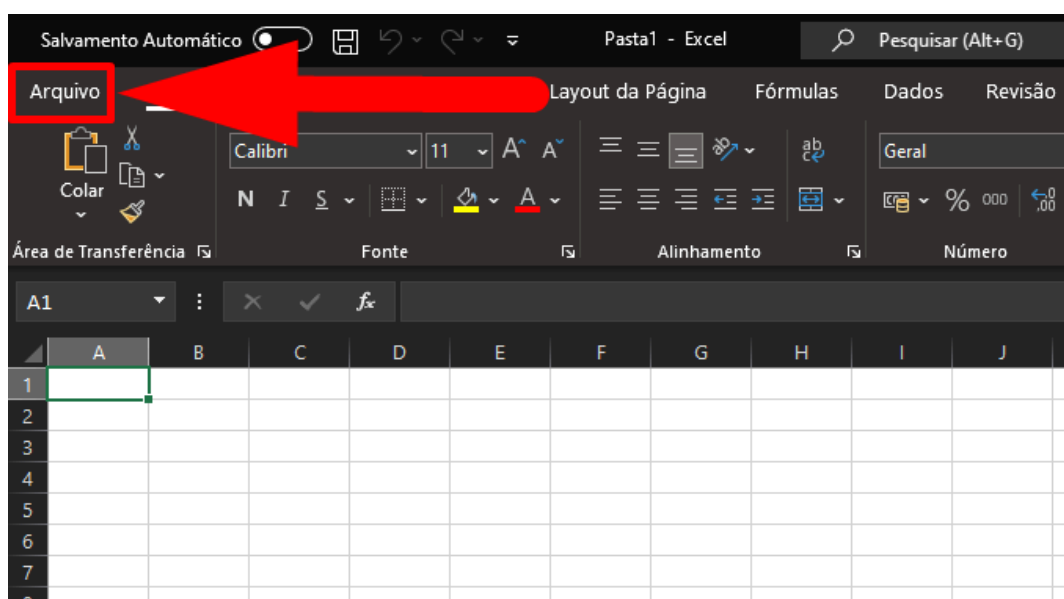
Para facilitar o entendimento e a visualização da habilitação do Streamer de Dados do Excel 365, recomendamos o vídeo “How to enable Data Streamer in Excel”, disponível na plataforma de vídeos YouTube. O QR Code abaixo redireciona diretamente ao vídeo citado.



gráficos interativos utilizando dados do Arduino incluem plataformas como MATLAB, Python e Processing, as quais possibilitam a visualização dinâmica dos dados, fornecendo flexibilidade e recursos avançados para a apresentação dos resultados obtidos.

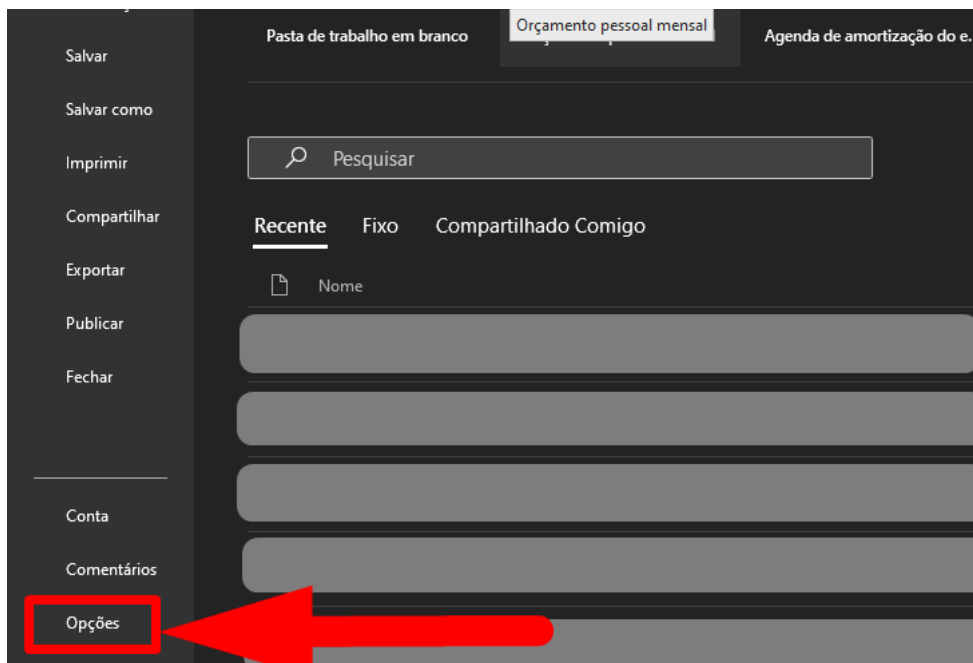
Para utilização desse suplemento é necessário ativá-lo antes. A ativação deve ser feita clicando em “Arquivo”, como mostra a figura 16, e depois em “Opções”, como na figura 17.

Figura 16: A seta vermelha indica onde deve ser clicado para iniciar a ativação do suplemento de Streamer de Dados.



Fonte: Autor.

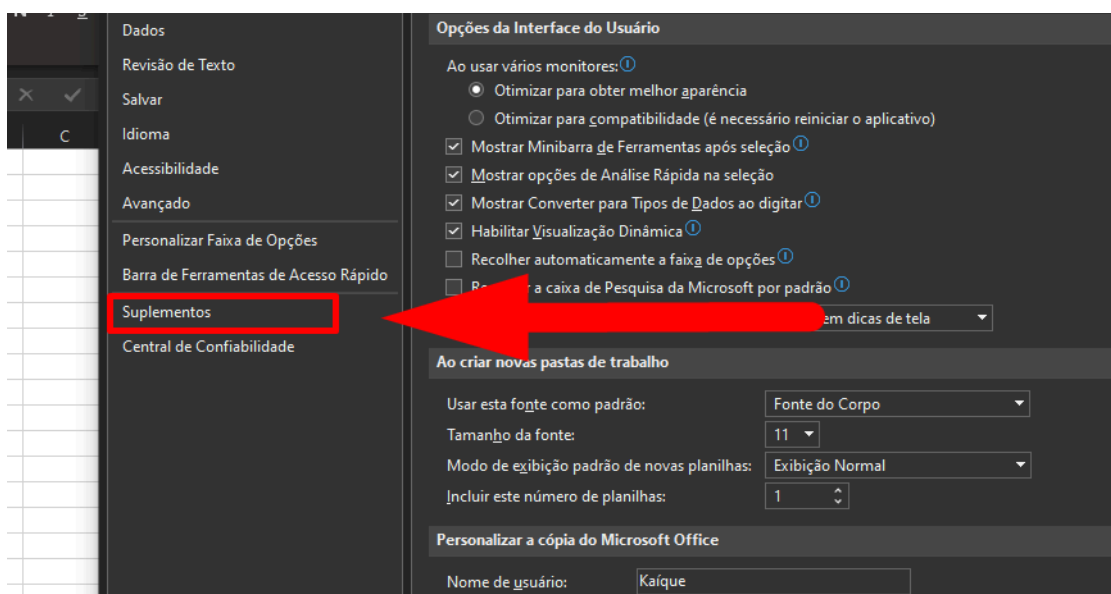
Figura 17: Indicação da localização do botão “Opções”.



Fonte: Autor.

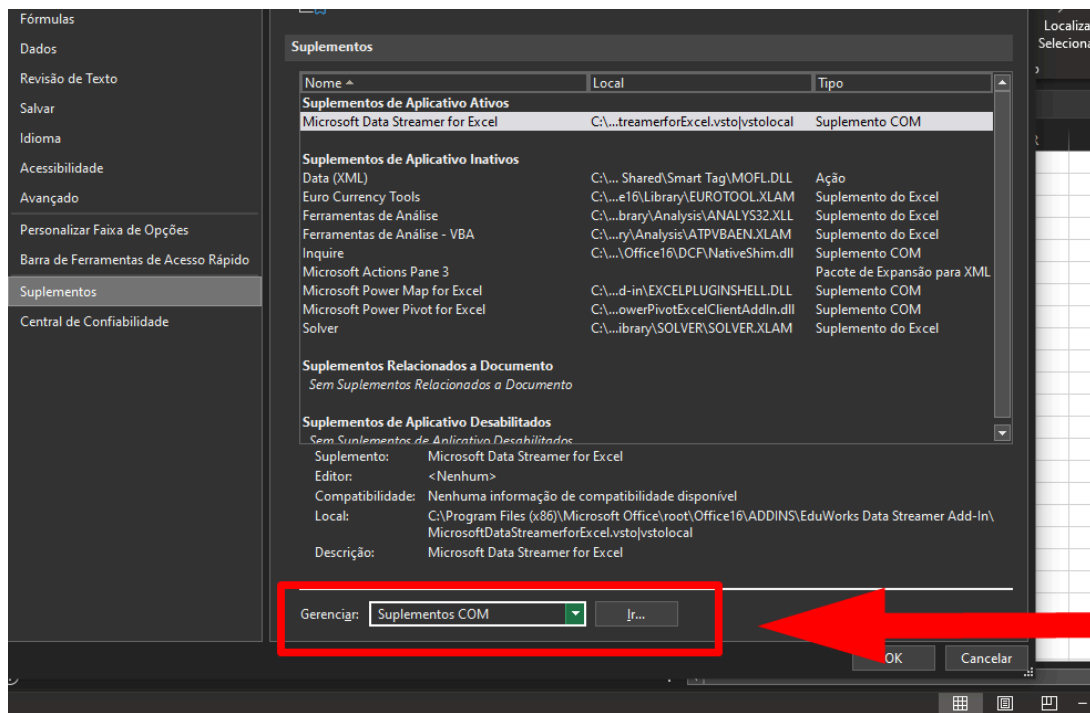
Depois de clicar em “Suplementos”, como indica figura 18, em “Gerenciar:” é preciso selecionar “Suplementos COM” e clicar em “Ir...”, tal como demonstrado na figura 19.

Figura 18: Localização do botão “Suplementos”.



Fonte: Autor.

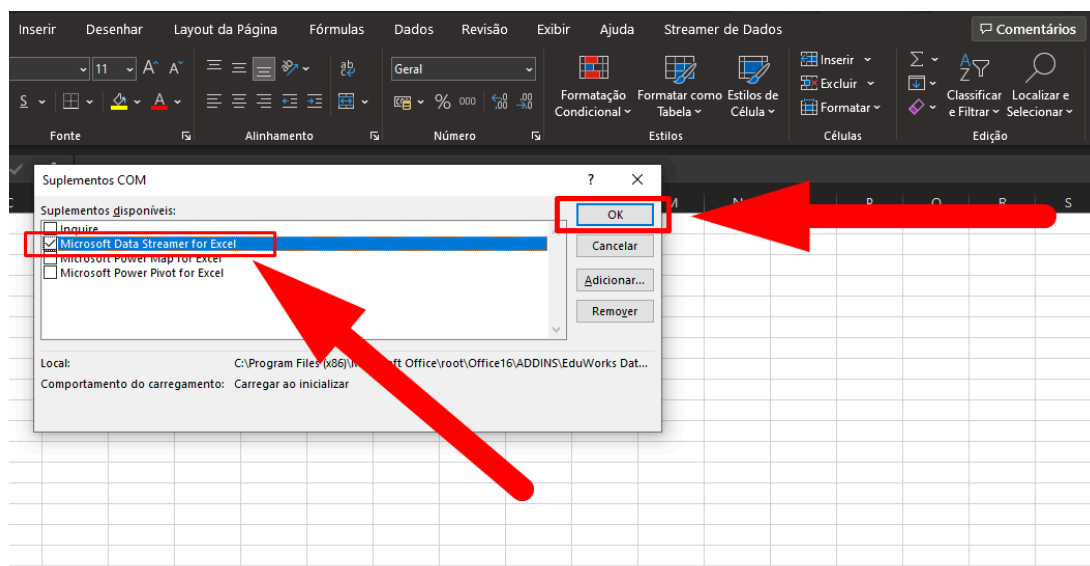
Figura 19: A marcação em vermelho mostra onde deve seleccionar “Suplementos COM” e clicar.



Fonte: Autor.

Feito isso, basta seleccionar “Microsoft Data Streamer for Excel” e depois clicar no botão “OK”, como mostra a figura 20, e o suplemento de Streamer de Dados estará pronto para uso.

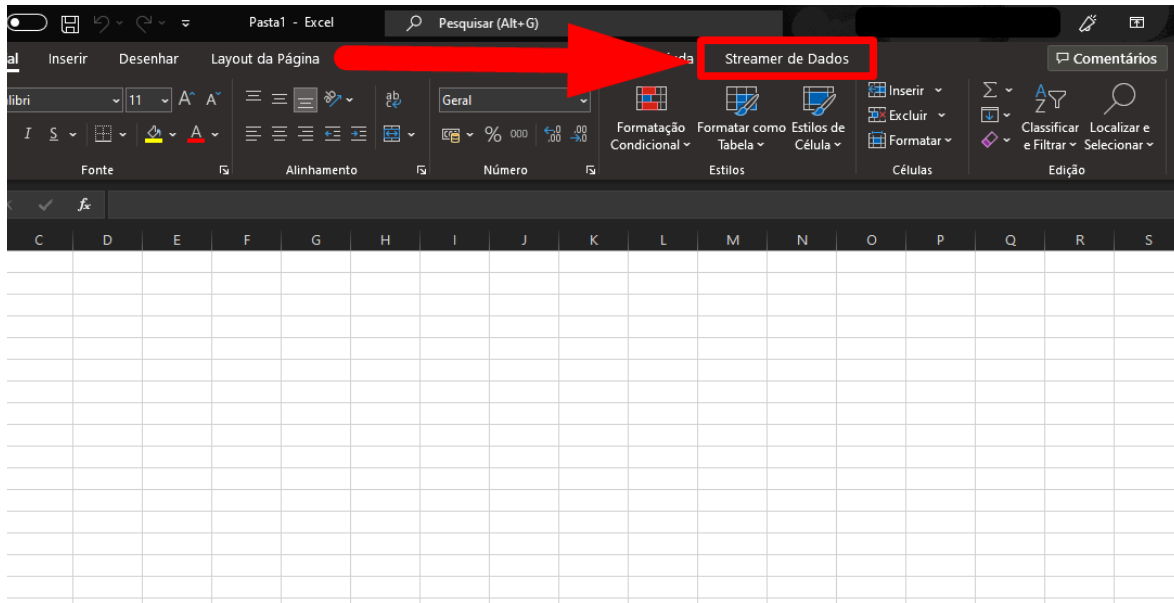
Figura 20: A seta vermelha indica onde deve clicar para finalizar a instalação do suplemento.



Fonte: Autor.

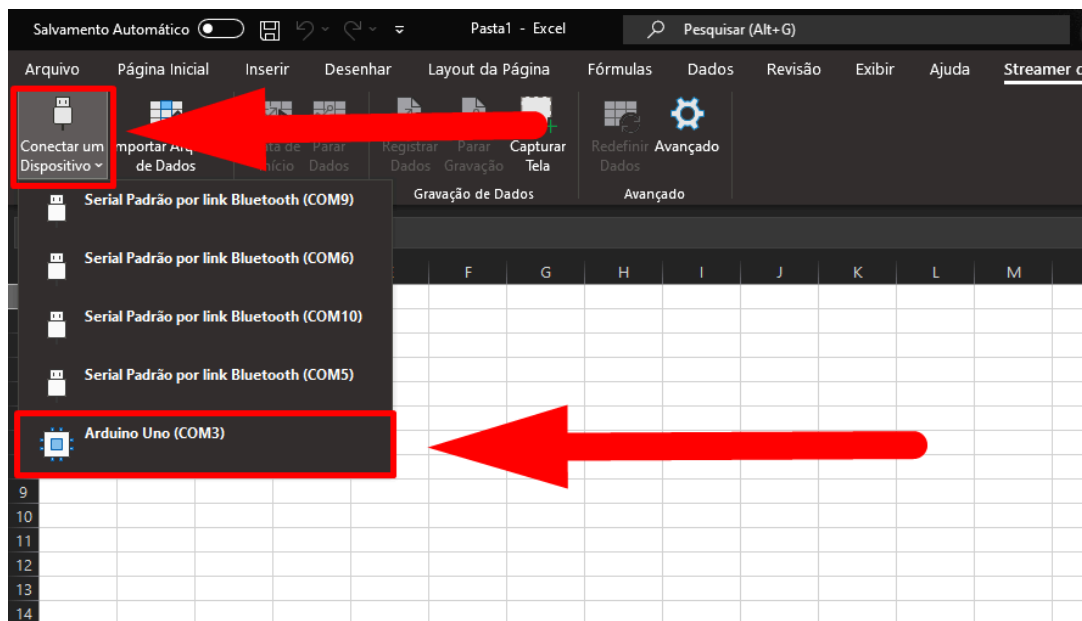
O próximo passo é conectar o Arduino no computador. Sendo assim, ao clicar na aba “Streamer de Dados”, em que a localização está demonstrada na figura 21, é preciso clicar em “Conectar um Dispositivo” e selecionar o arduino e a porta de COM que o arduino se conecta - nesta montagem utilizou o Arduino Uno que se conecta na porta COM3, conforme figura 22. Lembrando que para o Excel reconhecer o Arduino, este precisa estar conectado com o computador via cabo USB.

Figura 21: Indicação do botão “Streamer de Dados”.



Fonte: Autor.

Figura 22: A marcação em vermelho mostra onde se deve clicar para conectar o Excel ao Arduino.

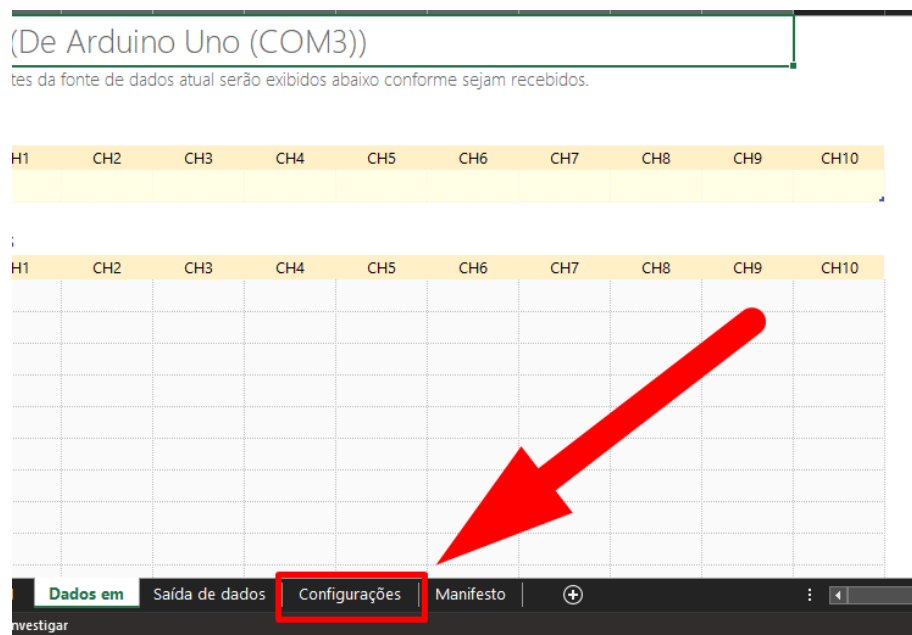


Fonte: Autor.

Depois de conectado, o Excel deve exibir a planilha exposta na figura 23 automaticamente - independente do Arduino e seu código. Antes de iniciar a aquisição dos dados, é necessário configurar a planilha. Essa configuração é feita na aba “Configurações” mostrada na figura 23.

Figura 23: Planilha do Excel depois de conectado ao Arduino. A seta vermelha indica a aba “Configurações”.

É importante saber que o Arduino não se conecta ao Excel se estiver com o Monitor Serial do IDE aberto. Quando o Monitor Serial do IDE do Arduino está aberto, ele ocupa a mesma porta de comunicação que o Excel tenta utilizar para estabelecer a conexão direta com o Arduino. Como resultado, ocorre um conflito de uso de porta, impossibilitando a comunicação entre o Arduino e o Excel. Para resolver esse problema, é necessário fechar o Monitor Serial do IDE antes de conectar o Arduino ao Excel, garantindo o uso exclusivo da porta para a comunicação desejada.

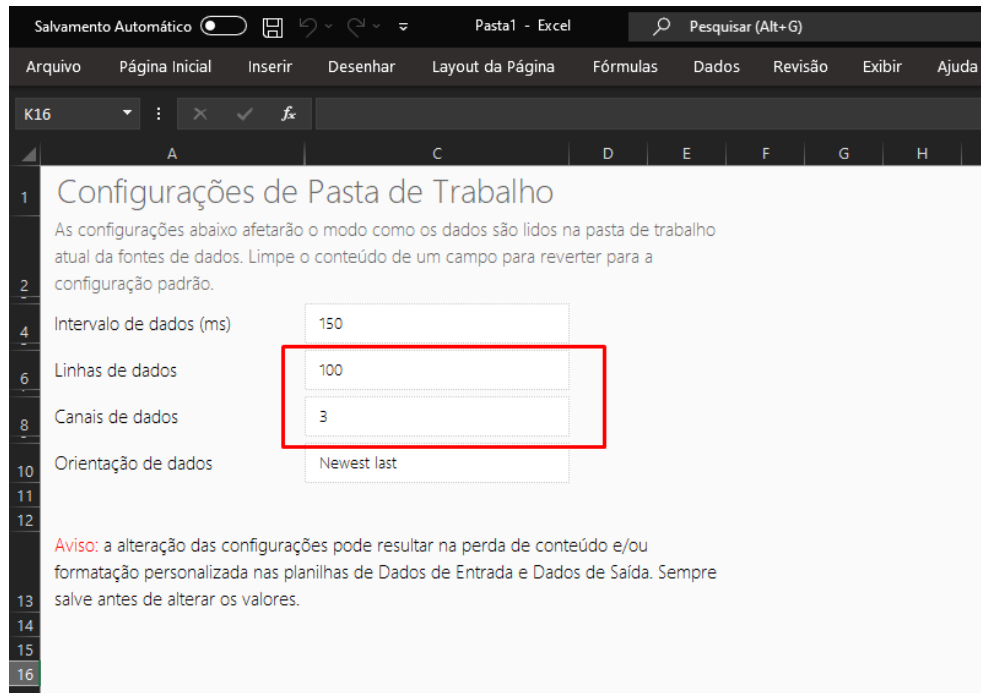


Fonte: Autor.

Esta aba exibe algumas opções que podem ser alteradas, como: Intervalo de tempo (ms), Linhas de dados, Canais de dados e Orientações de dados. A opção “Canais de dados” deve ser alterada para 3 e aproximadamente 100 linhas de dados, como é mostrado na figura 24.

A quantidade de linhas que o professor escolher será a quantidade de pontos de dados que será impressa nos gráficos. Recomendamos 100 linhas, mas fica a critério do professor se for conveniente outro valor.

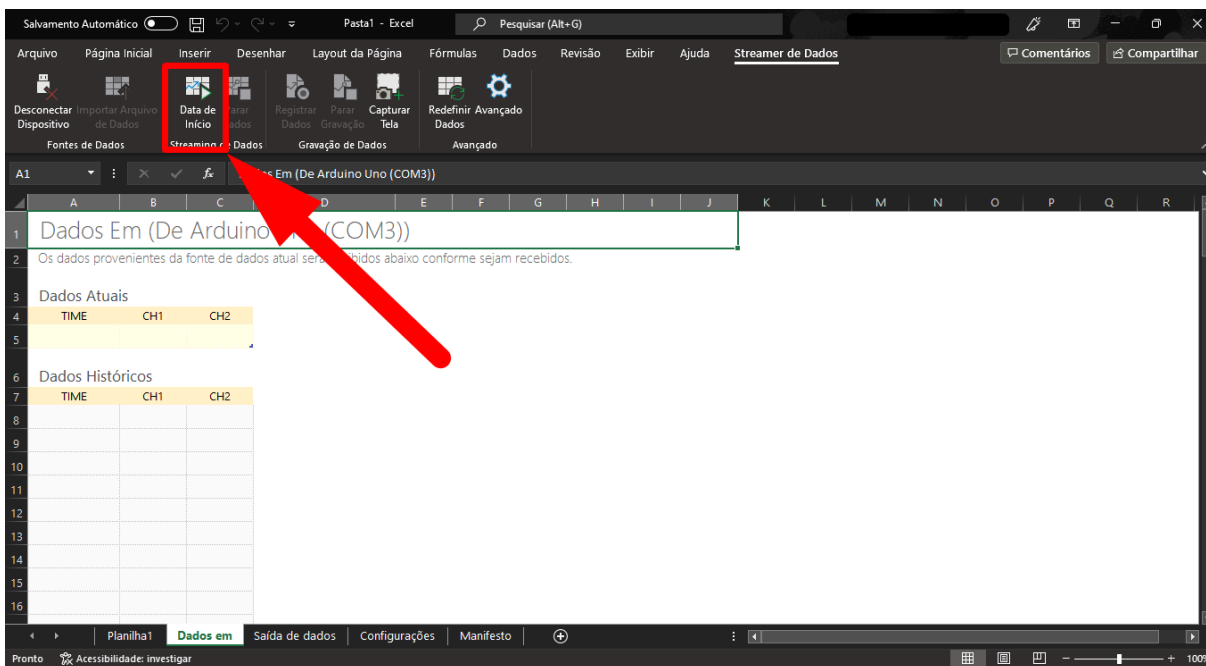
Figura 24: Planilha da aba “Configurações”. Em vermelho, indica-se como devem ser as alterações de linhas e canais.



Fonte: Autor.

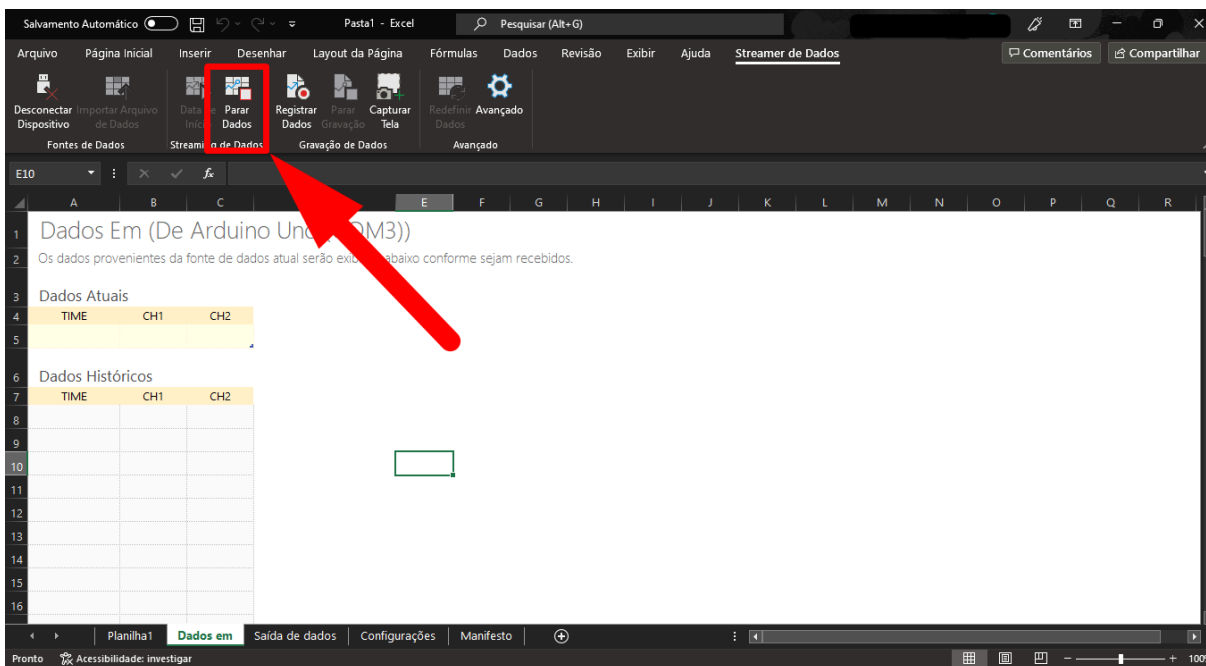
Para iniciar a aquisição de dados deve-se clicar em “Data de Início” na aba “Dados em”, como mostra a figura 25, e para finalizar basta clicar no ícone “Parar Dados”, conforme figura 26.

Figura 25: Indicação do botão “Data de Início” para iniciar aquisição de dados do Arduino.



Fonte: Autor.

Figura 26: Indicação do botão “Parar Dados” para interromper a coleta de dados.



Fonte: Autor.

CALIBRAÇÃO E FUNCIONAMENTO DO DISPOSITIVO

O dispositivo deve ser testado e calibrado antes de ser utilizado em sala de aula. Para isto, será necessário um amperímetro capaz de medir correntes alternadas e um voltímetro.

O funcionamento é simples: a coluna CH1 da planilha fornece o instante medido entre o início e o fim da coleta de dados. Já a coluna CH2 fornece os valores de corrente elétrica e o CH3 os valores de tensão elétrica.

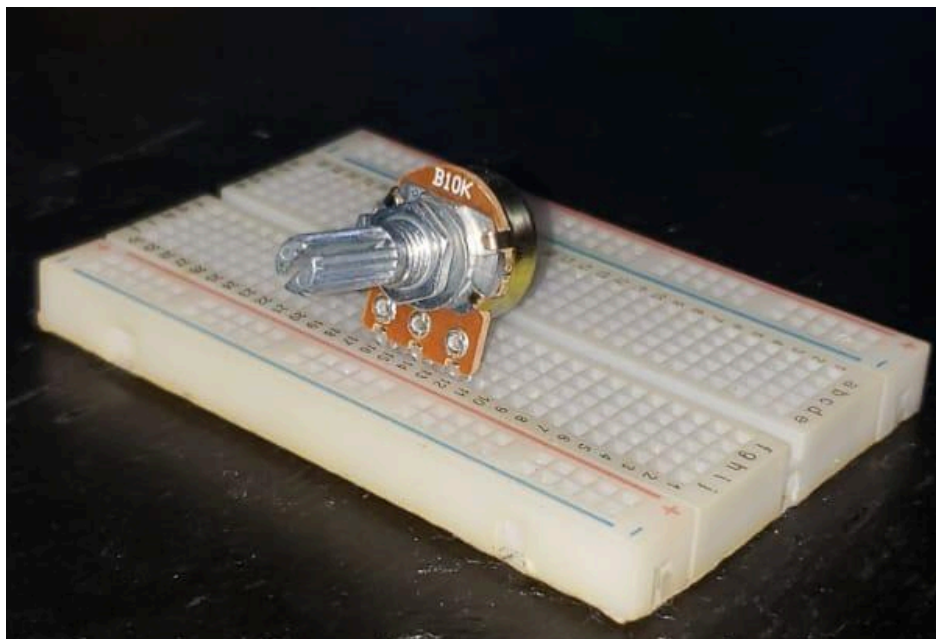
Para calibrar o sensor de tensão elétrica, basta ajustar o potenciômetro acoplado ao sensor (identificado na figura 27) com uma pequena chave de fenda até que o valor lido pelo arduino seja igual ao do voltímetro. Já o sensor de corrente elétrica deve ser calibrado da mesma forma, porém através do potenciômetro conectado ao arduino, como mostra a figura 28, até que o valor lido seja igual ao do amperímetro.

Figura 27: Identificação do potenciômetro do sensor de tensão para calibração.



Fonte: Autor.

Figura 28: Potenciômetro linear de 10k Ω .



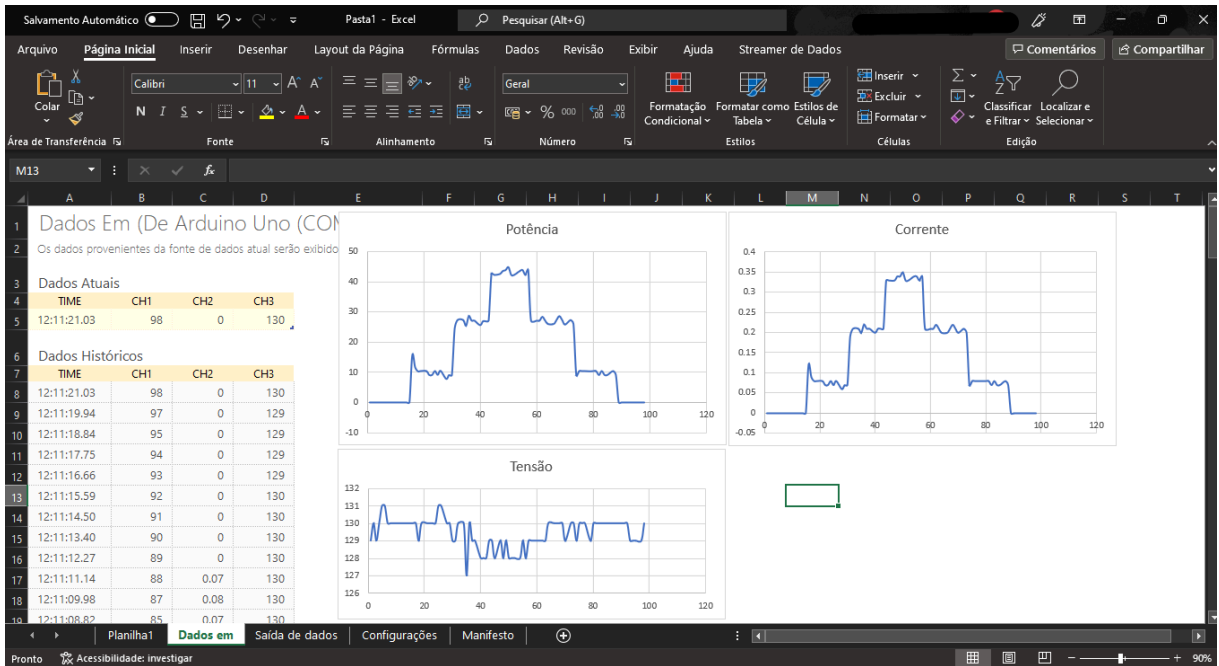
Fonte: Autor.

Para calcular a potência elétrica utilizamos a equação $P = V \cdot i$. Para realizar esse cálculo, nesse caso, deve-se multiplicar as colunas correspondentes à corrente e tensão.

Para que uma representação gráfica da potência consumida por uma dada configuração do circuito mostrado na figura 29 possa ser apresentada em tempo real aos alunos da turma, o professor deve construir no próprio excel um gráfico de dispersão e perceber as relações entre corrente e potência elétrica ao ligar e desligar as lâmpadas.

Por fim, o leitor deve realizar os próprios testes e se apropriar do dispositivo e da proposta pedagógica. Teste acender e apagar as lâmpadas em uma mesma tomada de dados, da forma registrada na figura 29.

Figura 29: Coletando os dados do dispositivo.



Fonte: Autor.

Referências

ALVES, V. C.; STACHAK, M. A importância de aulas experimentais no processo ensino aprendizagem em física: eletricidade. **XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física**, p. 1–4, 2005.

ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de ensino de física**, v. 25, p. 176-194, 2003.

Arduino. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/>>. Acesso em: 28 jun. 2022.

ASTOLFI, Jean-Pierre et al.. As Palavras-Chave da Didática das Ciências. Trad. Maria Ludovina Figueiredo. Lisboa: **Instituto Piaget**, p. 149-158, 2002.

BATISTA, M. C.; FUSINATO, P. A.; BLINI, R. B. Reflexões sobre a importância da experimentação no ensino de Física. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, v. 31, n. 1, p. 43–49, 2009.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

BRAVO FILHO, Eronides Soares; HORA, José Sandro Santos. O MÉTODO PROPOSTO POR BACON PARA O PROGRESSO DAS CIÊNCIAS. *Revista Interdisciplinar de Pesquisa e Inovação*, v. 1, n. 1, 2015.

EISBERG, R.; RESNICK, R. **FÍSICA QUÂNTICA: Átomos, Moléculas, Sólidos, Núcleos e Partículas**. 8a edição, Editora Campus.

FETZNER FILHO, G. Experimentos de baixo custo para o ensino de física em nível médio usando a placa Arduino-UNO. 2015.

FISTER, Pedro Henrique Ferreira et al.. Análise do processo de aprendizagem da disciplina de física pelos discentes do ensino médio no centro de ensino Graça Aranha. **Anais IX CONEDU**. Campina Grande: Realize Editora, 2023.

GALBERT, Angel K. Development of an E-Glove with Embedded Stretchable Sensors for Aiding in Hand Rehabilitation. 2020. Tese de Doutorado. University of Sheffield (United Kingdom).

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química nova na escola**, v. 10, n. 10, p. 43–49, 1999.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física**. 10a edição. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

HEWITT, Paul G. Física Conceitual. 12a edição. São Paulo: Pearson, 2021.

MARTINAZZO, C. A. et al. Arduino: Uma tecnologia no ensino de física. **Revista Perspectiva**, v. 38, n. 143, 2014.

MOREIRA, D. F. **A experimentação como um caminho para a verdade. Pensamento Extemporâneo**, 2012. Disponível em: <<https://pensamentoextemporaneo.com.br/?p=2163>>. Acesso em: 28 jun. 2022

MOREIRA, M. A. ¿Al afinal, qué es aprendizaje siginificativo?. **Qurriculum: revista de teoría, investigación y práctica educativa**. La Laguna, Espanha. No. 25 (marzo 2012), p. 29-56, 2012.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. 3. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda, 2022.

MOREIRA, M. P. C. et al. Contribuições do Arduino no ensino de Física: uma revisão sistemática de publicações na área do ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 35, n. 3, p. 721–745, 2018.

SANTOS, J. A. DOS. Instrumentação eletrônica com o arduino aplicada ao ensino de física. 2015.

STODOLNA, Aneta S. et al. Hydrogen atoms under magnification: Direct observation of the nodal structure of Stark states. *Physical Review Letters*, v. 110, n. 21, p. 213001, 2013.

VANIEL, B. V.; HECKLER, V.; ARAÚJO, R. R. Investigando a inserção das TIC e suas ferramentas no ensino de física: estudo de caso de um curso de formação de professores. **XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física–SNEF**, 2011.